

Министерство науки и высшего образования РФ
Правительство города Севастополя
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
Всероссийское гидробиологическое общество при Российской академии наук
Русское географическое общество
Паразитологическое общество при Российской академии наук

Изучение водных и наземных экосистем: история и современность

Международная научная конференция, посвящённая 150-летию
Севастопольской биологической станции —
Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского
и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий»

Тезисы докладов

13–18 сентября 2021 г.
Севастополь, Российская Федерация

Севастополь
ФИЦ ИНБЮМ
2021

Влияние холодных зим на сезонную сукцессию фитопланктона и структуру поля биолюминесценции в шельфовой зоне в районе Севастополя

Серикова И. М.¹, Брянцева Ю. В.², Евстигнеев В. П.³, Пионтковский С. А.³, Жук В. Ф.¹,
Георгиева Е. Ю.¹, Минский И. А.¹

¹ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

²Институт ботаники имени Н. Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

³Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

irasimwin@yandex.ru

По результатам 6-летнего (2009–2014) биофизического мониторинга в прибрежной зоне Севастополя проанализированы сезонная и межгодовая динамика структуры поля биолюминесценции (далее — ПБ) наряду с сукцессией основных групп фитопланктона. Целью настоящего исследования явилась оценка влияния температурных условий предшествующего осенне-зимнего периода на структуру фитопланктонного сообщества и установление биофизического экспресс-индикатора такого влияния, в качестве которого рассматривается интегральный биолюминесцентный потенциал (далее — ИБП). Методика батифотометрического зондирования приборным комплексом «Сальпа» а также сопутствующего сбора и обработки проб фитопланктона опубликованы ранее [Serikova et al., 2016]. На основе среднемесячных данных спутниковых наблюдений за температурой поверхности моря (далее — ТПМ) выделены годы с тёплым (2010 и 2013 гг.), умеренным (2009 и 2011 гг.) и холодным (2012 и 2014 гг.) осенне-зимними периодами. Соответствующие оценки отклонений ТПМ (dT), осреднённые за октябрь — февраль, составили: 0,78; 0,28; –0,65.

В ходе сукцессионного анализа были выделены две фазы сезонной сукцессии фитопланктона (весенне-летняя, с февраля по август, и осенне-зимняя, с сентября по январь), развитие которых отличалось в зависимости от предшествующих климатических условий. «Тёплые» годы характеризовались максимальным уровнем развития динофлагеллят, более ранним его началом и продолжительностью (на протяжении всей весенне-летней фазы), за исключением марта 2013 г., когда отмечена вспышка диатомовой водоросли *Pseudo-nitzschia seriata*. Абсолютного максимума за весь период наблюдений биомасса динофлагеллят достигла в апреле 2010 г. за счёт интенсивного развития нескольких видов: *Prorocentrum aporum*, *P. micans*, *P. bidens* и *Scrippsiella acuminata*. Апрельский пик биомассы динофлагеллят совпадал с максимумом ПБ, при этом биомасса автотрофного светящегося вида *S. acuminata* достигала своего абсолютного максимума — $129,85 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$.

В «холодные» 2012 и 2014 гг. уровень развития как диатомей, так и динофлагеллят был минимальным относительно других лет, со сдвигом периодов максимумов на более поздние месяцы, за исключением вспышки развития *Pseudosolenia calcar-avis* в июле 2014 г., обусловившей абсолютный максимум биомассы ($989,4 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) за весь период наблюдений. Динофлагелляты доминировали кратковременно (1–2 месяца) в первой фазе, в то время как период преобладания диатомей увеличился до 3–4 месяцев. Только в «холодные» годы среди доминантов появлялись представители мелкоклеточных диатомовых (в феврале и апреле), которые характеризуют начальную стадию сезонной сукцессии фитопланктона.

Наиболее показательные различия в протекании первой фазы сукцессии отмечены в апреле — мае: если в апреле «тёплых» лет доминирующими были динофлагелляты, то в «холодные» годы — диатомовые водоросли. Из числа доминантов в «холодные» годы выпадают такие светя-

щиеся виды, как *Lingulodinium polyedra*, *Ceratium tripos*, *Protoperidinium depressum* и *P. crassipes*. Видовое разнообразие светящихся динофлагеллят в эти годы было минимальным, как следствие, в весенний период ПБ в верхних слоях практически не развивается.

Что касается первой весенне-летней фазы сукцессии фитопланктона и его влияния на формирование ПБ, то здесь можно отметить разницу в характеристиках вертикального распределения ИБП в зависимости от условий предшествующего осенне-зимнего периода. Сопоставление многолетней динамики ИБП в слое 0–20 м с температурными отклонениями ТПМ за 6-летний период показало, что при положительных отклонениях dT в предшествующий осенне-зимний период развивается весенний максимум ПБ в ВКС, а при отрицательных такой максимум отсутствует. При этом в «холодные» 2012 и 2014 гг. отрицательные зимние аномалии ТПМ привели к долгосрочным изменениям в структуре и интенсивности ПБ. В отличие от других лет, в 2014 г. сроки развития весеннего и осеннего максимумов содержания динофлагеллят были сдвинуты на месяц вперёд (на июнь и ноябрь соответственно), доминантами были *Protoceratium reticulatum* и *P. micans*. Из светящихся видов доминировал в оба периода *P. divergens*. В 2012 г. глубокое перемешивание холодных поверхностных вод в феврале привело к резким и долгосрочным изменениям в термохалинной структуре, особенно выраженным в нижних слоях. Сформировавшийся в зимний период холодный промежуточный слой (далее — ХПС) обнаруживался ниже горизонта 36 м во все месяцы вплоть до сентября. В мае и июне 2012 г. протяжённость ВКС составляла 10–15 м, но в нём не развились слои биолюминесценции. В то же время тонкие слои зарегистрированы в июне в слое 40–50 м, то есть в ХПС. Максимумы биомассы светящихся динофлагеллят в мае и июне 2012 г. были обусловлены видами *C. furca* и *P. steinii*, доминирующими, как правило, осенью и не типичными для весны и раннего лета.

Наши исследования в шельфовой зоне Чёрного моря показали, что в «тёплые» годы происходит интенсивное развитие как диатомовых, так и перидиниевых водорослей, с преобладанием последних в первую половину года и сдвигом сроков максимумов на более ранние месяцы. В эти годы отмечается более интенсивное развитие ПБ. В противоположность этому, в «холодные» годы снижается уровень развития и динофлагеллят, и диатомей, который был минимальным относительно других лет. В связи с этим в годы с холодными зимами нарушается сезонная динамика развития вертикальной структуры ПБ, и в результате весенний максимум интенсивности биолюминесценции в ВКС не развивается. Низкий уровень интенсивности ПБ сохраняется вплоть до наступления последнего (осеннего) этапа в развитии вертикальной структуры ПБ.

Для валидации и верификации полученных в настоящей работе выводов относительно средне- и долгосрочного влияния климатических аномалий на структурно-функциональные характеристики фитопланктонного сообщества требуется продолжение регулярного мониторинга в шельфовой зоне Крымского побережья. Интегральный биолюминесцентный потенциал в слоях естественной стратификации вод может выступать в роли биофизического экспресс-индикатора перестроек в структуре фитопланктона, вызванных влиянием климатических температурных аномалий. Также требуется проведение подробного анализа вертикального распределения фитоценоза в толще воды с использованием современных методик экспресс-анализа, например визуализирующей проточной цитометрии (FlowCAM).

Работа выполнена в рамках госзаданий ФИЦ ИНБЮМ «Структурно-функциональная организация, продуктивность и устойчивость морских пелагических экосистем» (№ 121040600178-6) и «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» (№ 121041400077-1), а также при финансовой поддержке проекта СевГУ № 42-01-09/90/2020-3.